

OPINNÄYTETYÖ
JUHO VÄISÄNEN 2012

KATUVERKON KUNTOTIEDON KERÄÄMI- NEN JA HALLINTA



RAKENNUSTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA



ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIikka JA LIIKENNE

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

KATUVERKON KUNTOTIEDON KERÄÄMINEN JA HALLINTA

Juho Väisänen

2012

Toimeksiantaja Rovaniemen ammattikorkeakoulu

Ohjaaja lehtori Pekka Kämäräinen

Hyväksytty _____ 2012 _____

Työ on kirjastossa lainattavissa.

Tekijä	Juho Väisänen	Vuosi	2012
Toimeksiantaja	Rovaniemen ammattikorkeakoulu		
Työn nimi	Katuverkon kuntotiedon kerääminen ja hallinta		
Sivu- ja liitemäärä	40		

Selvitän opinnäytetyössä katuverkolta kerättävän kuntotiedon keräämistapoja. Lisäksi tutkin kerätyn ja olemassa olevan tiedon hallintaa ja varastointia. Kuntotietojen keräämisen hyödyt ja monipuolisuus ovat lisääntyneet kehittyneen tekniikan myötä. Tällä hetkellä on siirrytty aiempaa systemaattisempaan tiedonkeruuseen ja olemassa olevan tiedon hallintaan, mikä asettaa haasteita palveluja tarjoaville toimijoille. Opinnäytetyön tavoitteena on antaa kuntotietojen parissa toimiville pohja tutustua kuntotietojen keruumenetelmiin ja tiedon hallintaan.

Kuntotietojen hyödyntämisestä kunnallisessa päätöksenteossa on tehty tutkimuksia, mutta mielestäni oli tärkeää saada teknisempi selvitys koko kuntotietoprosessista.

Opinnäytetyössä tutkin tarkasti eri kuntotiedon keräämiseen käytettäviä menetelmiä, pohdin tulevaisuuden näkymiä sekä syvennyn tarkemmin Carent Oy:n toivomuksesta Novapointin IRIS-ohjelmistoon. Tutkimus toteutettiin perehtymällä kuntotietoihin liittyviin kirjallisiin lähteisiin sekä keräämällä käytännön tietoa työskentelemällä kuntotietojen parissa.

Opinnäytetyöni pohjalta saa kattavan kuvan koko kuntotietojen keruuprosessista, menetelmistä ja tiedon hallinnasta sekä mahdollisuuden perehtyä tulevaisuudessa käytettäviin mittausmenetelmiin.

Avainsanat	kuntotieto, maatulkuuotaus, palvelutasomittaus, kantavuusmittaus, päällystevaurioinventointi
-------------------	--

Author	Juho Väisänen	Year	2012
Commissioned by	Rovaniemi University of Applied Sciences		
Subject of thesis	Collection and Controlling of the Street Condition Information		
Number of pages	40		

The aim of this thesis was to study the processes and methods of collecting data about the street condition. Furthermore, the managing and storing of the collected and existing data was studied. The advantages and versatility of the collection of the street condition data have increased along with the advancing technology. Data acquisition and the management of the existing data have become more systematic, which sets challenges to the companies offering these services. The objective of this thesis was to offer basic information about the collection and managing methods of the street condition data.

This thesis, in addition to examining the data collection methods, discusses also the future prospects of the street condition data collection and examines in detail the Novapoint IRIS software as was requested by Carement Oy. The research material was collected from various literal sources, which discuss the street condition and, in addition, by working in the field of street condition and collecting the data in practise.

This thesis is a technical report that gives the reader a thorough overview of the process and methods of collecting as well as managing the street condition data, and also information about the measuring methods that will be employed in the future.

Key words Street Condition Data, Ground Penetrating Radar, Maximum Load Measuring, Pavement Damage Stocktaking

SISÄLTÖ

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	1
1 JOHDANTO	2
2 Tiestön Kuntotieto	3
3 Kuntotietojen Kerääminen	6
3.1 Maatutkaluotaus.....	6
3.2 Videointi ja ääninauhat	11
3.3 Palvelutasomittaus	13
3.4 Kantavuusmittaukset	19
3.5 Päälystevaurioinventointi	22
4. Tulevaisuuden-Näkymät	30
5. Tiedon Hallinta	32
5.1 Katurekisterit	32
5.2 Novapoint Iris	33
6 Johtopäätökset	35
Lähteet	38

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

KUVIO 1. TIESTÖN KUNTO	4
KUVIO 2. PULSSITUTKAPERIAATTEELLA TOIMIVAN MAATUTKAKALUSTON KOMPONENTIT	7
KUVIO 3. KARTIOTORVIAANTENNIN TOIMINTAPERIAATE	8
KUVIO 4. PTM-AUTON TÄRKEIMMÄT KOMPONENTIT	14
KUVIO 5. MITTAUSPISTEIDEN SIJAINNIT PTM-AUTON ETUPALKISSA	15
KUVIO 6. ROUTIMISEN AIHEUTTAMAA TIEN PITUUSSUUNTAISTA EPÄTASAISUUTTA	16
KUVIO 7. POIKKISUUNTAISEN EPÄTASAISUUDEN ELI URAUTUMISEN PÄÄASIALLISET SYYT A) KULUMINEN, B) PYSYVÄT MUODONMUUTOKSET.....	18
KUVIO 8. PUDOTUSPAINOLAITTEEN TOIMINTAPERIAATE.....	20
KUVIO 9. RUOTSALAISSALVIMISTEINEN PUDOTUSPAINOLAITE KUAB	21
KUVIO 10. PUDOTUSPAINOLAITE LOADMAN FWD – HEAVY LOADMAN ASENNETTUNA PAKETTIAUTOON .	21
KUVIO 11. OSATEKIJÄT, JOTKA AIHEUTTAVAT TIERAKENTEEN VAURIOITUMISEN	23
KUVIO 12. KUORMITUKSEN AIHEUTTAMAT VÄSYMISVAURIOIT	24
KUVIO 13. KUORMITUKSEN AIHEUTTAMAT JÄNNITYKSET TIERAKENTEEN PITUUSSUUNNASSA	24
KUVIO 14. PÄÄLLYSTYEN VÄSYMISVAURIOITUMISEN ETENEMINEN JA VAKAVUUDEN ASTEET	23
KUVIO 15. ROUTIMISEN AIHEUTTAMAA PITUUSHALKEILUA	25
KUVIO 16. AUTOMAATTISESSA VAURIONMITTAUKSESSA KÄYTETTÄVÄN PAVUE–LAITTEISTON KOMPONENTIT	27
KUVIO 17. DIGITAALISESTA KUVASTA TULKITTU VAURIOKARTTA	28
TAULUKKO 1. SUUNTAA ANTAVA TAULUKKO TIETUTKIMUKSISSA KÄYTETTÄVIEN ANTENNIEN OMINAISUUKSISTA	9
TAULUKKO 2. PTM-MITTAUKSISSA KÄYTETTÄVÄT MUUT MITTALAITTEET JA NIIDEN TEHTÄVÄT	14
TAULUKKO 3. KOMMENTIT VAURIO-OSUUDEN ARVOISTA YHDELTÄ KAISTALTA MITATTUNA	29
TAULUKKO 4. DIGIROADIN YLLÄPITOVASTUU ON JAETTU KOLMELLE ERI TAHOLLE	33

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössäni käsittelen tiestöltä kerättäviä kuntotietoja. Aiemmin tiestön kuntotiedot ovat olleet lähinnä käyttäjien kokemusten ja tiemestareiden tietojen varassa, mutta nykyään on siirrytty yhä enemmän systemaattiseen tiedon keruuseen ja hallintaan. Opinnäytetyössäni esittelen nykyaikaiset tiedonkeruumenetelmät ja tekniikan näiden taustalla. Sen lisäksi pohdin tulevaisuuden mittaustapoja sekä käsittelen rekistereitä, joilla olemassa olevaa tietoa hallitaan.

Kesällä 2011 työskentelin Carent Oy:ssä, mistä sain aiheeni opinnäytetyölleni. Aiheeni perustana oli saada selvitys kuntotietojen reaaliaikaiseen siirtoon Map Infosta Novapoint Iristä käyttävän tilaajan tarpeisiin. Aiheeseen perehdyttyäni huomasin, että siirron selvittämisestä oli vaikea saada tarvittavaa laajuutta opinnäytetyölle, mutta aihe kiinnosti ja mielestäni olisi tarvetta saada myös tarkempaa selvitystä itse kuntotietojen keräystavoista ja hyödyistä. Esittelen kuntotietojen keräämisessä käytettävät tavat, kuten maatutkaluotauksen, palvelutasomittaukset, kantavuusmittaukset, autokairaukset, maalaboratoriotutkimukset ja päällystevaurioinventoinnin. Sen lisäksi tutustun mittauskalustoihin ja mittauksen yhteydessä huomioitaviin seikkoihin.

Edellisten lisäksi perehdyn päällisin puolin käytössä oleviin rekistereihin tiedon hallinnasta, erityisesti Novapointin IRIS-ohjelmaan. Lisäksi opinnäytetyöhöni oltiin lisäämässä ohjetta, joka selvittää siirron Iirikseen kohtakohdalta, mutta työn edetessä huomattiin, että kaikkia siirtoon liittyviä ongelmia ei saada ratkaistua tämän opinnäytetyön valmistumisen rajoissa.

2 TIESTÖN KUNTOTIETO

Perinteisesti katuverkon korjaustarpeiden arvioinnissa on luotettu tienkäyttäjien ja tiemestareiden arvioon. Vielä 2000-luvun alkupuolella kuntotietojen keruu perustui lähinnä visuaaliseen tarkasteluun, valokuvaan ja videoleikkeisiin. Valtion hallinnossa on pidempään hyödynnetty ja käytetty tieverkolta kerättyä kuntotietoa, mutta nykyisin myös kuntien taholta on kiinnostuttu kuntotietojen antamista mahdollisuuksista. Tällä hetkellä siirrytään aiempaa systemaattisempaan tiedonkeruuseen ja olemassa olevan tiedon hallintaan, minkä pohjalta pystytään tekemään arvioita korjaustarpeesta olevista kohteista. Kuntotieto hankitaan tien pituus- ja poikkiprofiilista, vaurioituneisuudesta sekä rakenteen kunnosta eri päätöksentekotasolle, rahoitustarpeiden perusteluun ja strategiseen ohjaukseen sekä nykyhetken ylläpitotöiden ohjelmointiin ja hankintaan. (Ruotoistenmäki 2005, 16; Carement Oy 2009, 1; Tiehallinto 2007, 11; Kärkkäinen 2008, 8.)

Katuverkon kuntotietojen hallinnasta on perinteisesti huolehtinut ylläpitäjä, joka on teettänyt tarvittavat mittaukset ja tallentanut tiedot rekistereihinsä. Datan hankinnassa ollaan kuitenkin siirtymässä ostamaan tietoa aiemman mittaustyön sijaan ja solmituista palvelusopimuksista on tehty usean vuoden mittaisia. Tilaajan tehtävä on määritellä vaadittavien tietojen ajantasaisuus ja laatutaso, joiden varmistaminen on puolestaan toteuttajan tehtävä. Entistä laajemmat palvelukokonaisuudet johtavat kuntotiedon hankkimiseen kokonaisuutena, jolloin kuntotiedon hallinnan palvelusopimukset kattavat mittaukset, laskennan, tiedon varastoinnin sekä analysoinnin. (Ruotoistenmäki 2005, 7.)

Tien tai kadun pinnan vauriot (kuvio 1) voidaan inventoida kävellen tai hitaasti liikkuvasta ajoneuvosta tai ne voidaan mitata automaattisella vauriomittarilla. Vauriohavainnot voidaan luokitella niiden todennäköisen syyn perusteella esimerkiksi kuormituskestävyysshalkeamiin, joita ovat halkeamat ajourassa, routahalkeamiin eli halkeamiin, jotka sijaitsevat muualla tien pinnassa sekä muihin päällystevaurioihin, joita ovat reiät, purkaumat, pakkaskatkot ja saumahalkeamat. Tien rakenteen kestävyys (kuvio 1) sen sijaan määritetään useita kuntotietoja yhdistelemällä. Rakenteen kestävyuden määrittämiseksi voidaan käyttää tien pinnan profiili- ja vauriotietojen lisäksi ainakin pudotus-

painolaite- ja maatutkaluotaustuloksia sekä autokairauksia ja maalaboratoriotutkimuksia. Kaikki mittaukset tallennetaan GPS-paikannuksen avulla, millä varmistetaan kohteiden myöhempi sijainnin paikantaminen. (Ruotoistenmäki 2005, 19; Carement Oy 2009, 1.)



Kuvio 1. Tiestön kunto (Kivisto Consulting Oy, 2004)

Kuntotietojen analyysin apuna käytetään useita mittauksia. Mittaukset koskevat maa-alueita lukuun ottamatta koko tieomaisuutta eli päällystettyjä teitä, sorateitä, kevyen liikenteen väyliä, siltoja sekä varusteita ja laitteita. Yleisesti kuntomittaukset aloitetaan maatutkaluotauksella, jossa päällysteen paksuus arvioidaan. Maatutkaluotauksen yhteydessä tiestö videoidaan. Videon ja tutkadatan perusteella voidaan suorittaa päällystevaurioinventointi, jossa arvioidaan päällysteen vauriot syyperustein. Tämän lisäksi kadulle tehdään palvelutasomittaus, jonka perusteella voidaan arvioida tien toiminnallinen kunto. Palvelutasomittauksia toistamalla perättäisinä vuosina tielle voidaan ennustaa myös urautumisen ja pituussuuntaisen epätasaisuuden ennustemallit. Ne lasketaan interpoloiden lineaarisesti peräkkäisten vuosien mittaustietoa vertailemalla. (Carement Oy 2009, 1; Tiehallinto 2005, 7.)

Yleisesti kuntomuuttujien laskentamallit perustuvat kansainvälisiin standardeihin. Siksi myös muualla maailmassa tehtyjä tutkimuksia päällysteen kunnan vaikutuksista tienkäyttäjille voidaan käyttää hyväksi. Näiden tien pinnan ominaisuuksia kuvaavien muuttujien huomattavimpia etuja ovat niiden objek-

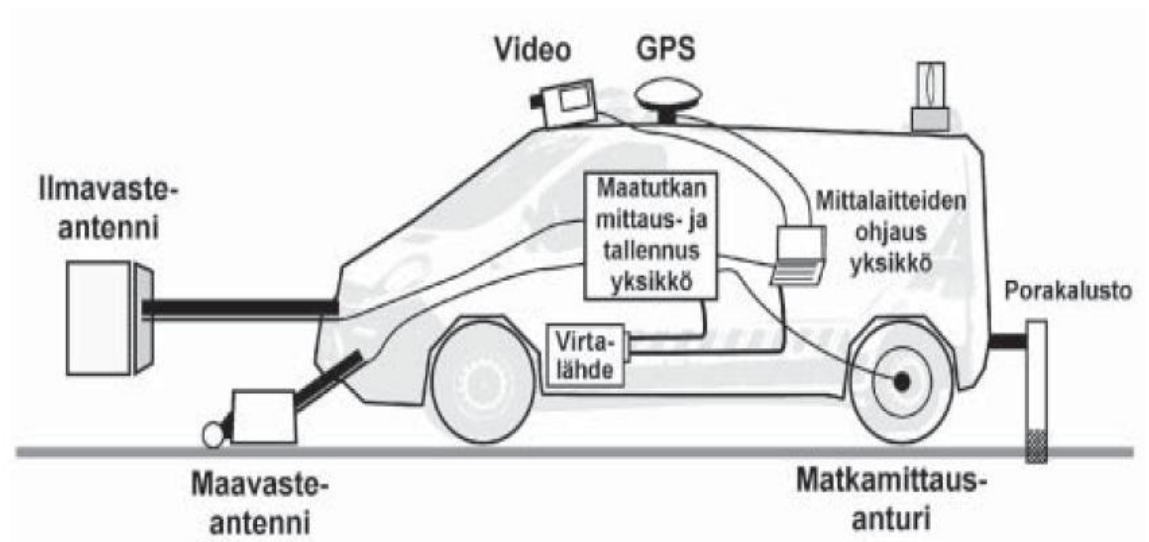
tiivisuus sekä mahdollisuus verrata eri aikoina tehtyjä mittauksia keskenään.
(Tiehallinto 2007, 11.)

3 KUNTOTIETOJEN KERÄÄMINEN

3.1 Maatutkaluotaus

Maatutkaluotaus on otettu Yhdysvalloissa käyttöön jo 1970-luvun alussa, kun Federal Highway Administration (FHWA) aloitti maatutkaluotaustekniikan käytön tunneleiden ja siltojen kansien tutkimiseksi. Suomessa maatutkaluotausta on käytetty 1980-luvun puolivälistä lähtien, ja tällä hetkellä eri konsulttitoimistoissa ja urakoitsijoiden palveluksessa työskentelee tietutkauksen parissa kymmeniä työntekijöitä. Maatutkaluotauksen käyttö on laajentunut pohjamaatutkimuksista ja päällysteiden ja rakennekerrosten paksuuden mittauksista myös rakennekerrosten ja pohjamaanlaadun tutkimuksiin ja sitä käytetään myös materiaalien lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksien määrittämisen apuna. Maatutkaluotausten suurin etu on sen tuottama jatkuva profiili tutkittavasta kohteesta, minkä lisäksi mittauksia voidaan suorittaa liikkuvasta autosta muuta liikennettä häiritsemättä. Viime vuosien aikana maatutkatekniikkaa on alettu käyttää ja tutkausten tuloksia analysoida myös integroidusti muiden tietutkimusmenetelmien kanssa. (Tiehallinto 2004, 12; Saarenketo 2006, 15.)

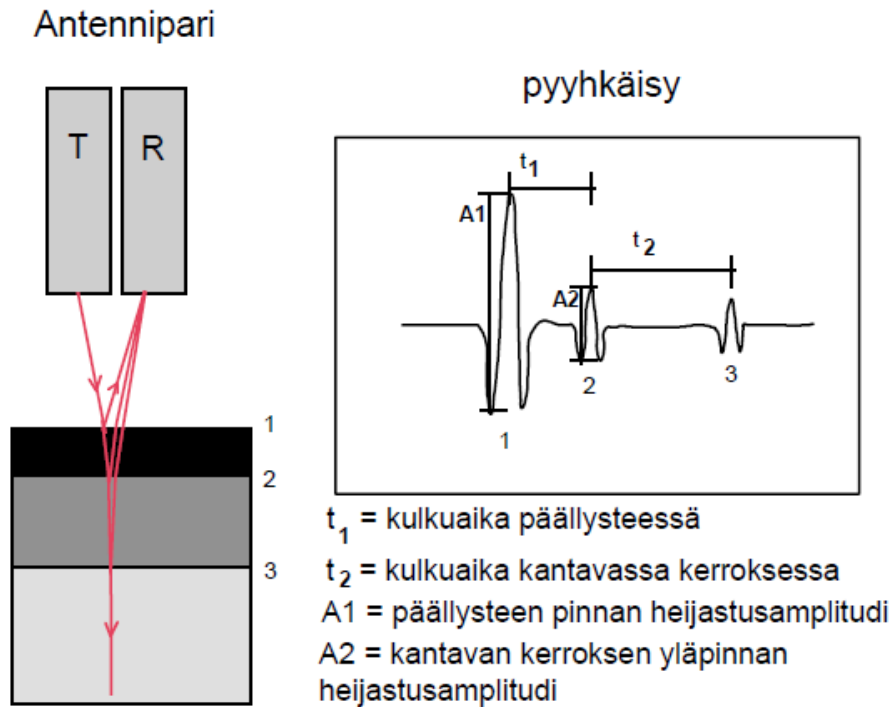
Pulssitutkaperiaatteella toimiva tietutkimuksissa käytettävä maatutkaluotaukskalusto koostuu useasta komponentista (kuvio 2). Tutkakaluston tärkein yksikkö on antenni tai antennit, jotka koostuvat itse antennista ja antennielektroniikkayksiköstä, jossa määrätään lähetettävän pulssin pituus ja voimakkuus. Antenni lähettää pulssin väliaineeseen ja kerää rajapinnoista palaavat signaalit. Maatutkan näytteenotin sijaitsee useimmiten ohjaus- tai keskusyksikössä, jossa muunnetaan heijastuneet signaalit sellaiseen muotoon, että ne voidaan taltioida joko analogisessa tai digitaalisessa muodossa tallentimelle. Keskusyksikön kautta ohjataan koko tutkayksikön toimintaa ja sen avulla määrätään mm. pyyhkäisyjen määrä aika- tai matkayksikköä kohti, mittausaika sekä pyyhkäisyä näytteiden määrä (esim. 512 tai 1024 näytettä/pyyhkäisy) ja datan muoto. Maatutkaluotaukskalustoihin kuuluvat kiinteästi erilaiset datatallentimet sekä näytteenottoa ohjaavat anturit, kuten optiset pulssianturit. Mittauskalustot tarvitsevat luonnollisesti myös erillisen virtalähteen. (Tiehallinto 2004, 13.)



Kuvio 2. Pulssitutkaperiaatteella toimivan maatutkakaluston komponentit (Tiehallinto 2004, 13)

Suomessa yleisimmin käytössä oleva maatutkaluotauskalusto on GSSI:N (Geophysical Survey Systems) maatutkalaitteistolla SIR-20. Tiemittauksissa yleisimmin käytettävät antennit (kuvio 3) ovat 1 GHz:n ilmavasteantenni, jonka syvyysulottuvuus on 0-0,7 m ja 400 MHz maavasteantenni, joka ulottuu 0-3,5 m. Mittausten yhteydessä sijainti tallennetaan GPS-laitteilla sekä tiestö kuvataan tarvittavilla kameroilla ja havainnot tallennetaan videon ääniraidalle. (Carement Oy 2009, 2.)

Mitatusta maatutkaluotausaineistosta voidaan tulkita päällystekerrosten kokonaispaksuus. Tämän lisäksi mitatusta aineistosta voidaan tulkita kantavan kerroksen ja mahdollisesti myös jakavan kerroksen paksuudet. Kerrospaksuuksien lisäksi aineistosta voidaan luotettavasti todeta erilaisia heijasteiden aiheuttajia, kuten kivet, putket, rummut ja kaapelit. (Carement Oy 2009, 2.)



Kuvio 3. Kartiotorviantennin toimintaperiaate (PANK Ry 2008, 2)

Maatutka-antennit voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan: ilmastean-
 tenneihin ja maavasteantenneihin (taulukko 1). Nämä puolestaan voivat olla
 joko monostaattisia, jolloin sama antenni toimii lähettimenä ja vastaanottime-
 na tai bistaattisia, jolloin lähetin- ja vastaanotinyksikkönä on eri antenni.
 Useimmat tietutkimusantennit ovat bistaattisia, mutta antennielementit on
 asennettu samaan laatikkoon. (Tiehallinto 2004, 13.)

Taulukko 1. Suuntaa antava taulukko tietutkimuksissa käytettävien antennien ominaisuuksista (Tiehallinto 2004, 14)

Antennit	Taajuus (MHz)	Syvyysulottuvuus (m)	Resoluutio (mm) (ϵ_r 6)	Soveltuvuus
<u>Maavasteantennit</u>				
1 Korkeataajuiset	900 – 1500	0,4 – 1,0	40 – 65	päälyste, kantava, jakava, teräsverkko
2 Keskitaajuiset	400 – 600	1,5 – 4,0	80 – 150	kantava, jakava, kok. paks, matalat penke-reet, pohjam. < 3m
3 Matalataajuiset	50 - 200	3 - 30	250 - 500	kok.paks, penger, pohjam. < 20 m (ei savi ja siltti)
<u>Ilmavasteantennit</u>				
1 Korkeataajuiset	2000 –	0,4 – 0,6	15 – 25	sorateiden kulutusk., päälyste, teräsverkot, kantava, jakava
2 Keskitaajuiset	900 – 1200	0,5 – 1,0	35 – 50	Päälyste, kantava, jakava, teräsverkko
3 Matalataajuiset (ei vielä Suomessa käytössä)	400 - 600	1,0 – 3,0	60 - 100	Kantava, jakava, kok. paks., matalat penke-reet, pohjamaa < 3m

Maavasteantennien taajuus vaihtelee normaalisti 80 MHz:stä 1500 MHz:iin. Niiden etuna verrattuna ilmavasteantenneihin on parempi syvyysulottuvuus. Maavasteantennilla on ilmavasteantennia parempi yksittäisten kohteiden erottelukyky, mutta sillä voidaan mitata ilmavasteantenneja hitaammin. (Tiehallinto 2004, 13.)

Maavasteantenneilla maatutkaluotaukset tulisi tehdä pääasiallisesti kesäaikaan sen jälkeen, kun routa on lopullisesti sulanut pohjamaasta. Toinen hyvä aika on roudan maksimisyvyyden aikaan talvella. Sorateita ei suositella mitattavaksi maavasteantenneilla ilman tilaajan lupaa kesällä, koska pölynsidontaan käytetty suola vaimentaa maatutkasignaalia. Talven tulokset ovat myös huomattavasti käyttökelpoisempia, koska samalla saadaan tietoa myös routatarajasta. Pelkästään päälystetutka-antenneilla tehtävät mittaukset voidaan aloittaa, kun routa on tien alla syvemmällä kuin 0,8 m. Päinvastoin kuin maavasteantenneja, ilmavasteantenneja on jopa suositeltavaa käyttää kesäaikaan sorateiden kulutuskerroksen ja kantavan kerroksen tutkimuksissa. Tällöin saadaan dielektrisyiden avulla tietoa myös kulutuskerroksen vedenherk-

kydestä. Talvella ilmavasteantennien käyttöä ei suositella ilman tilaajan lupaa. Talvella tehtyjä mittauksia ei saa myöskään tehdä heti sen jälkeen, kun tie on suolattu. (Tiehallinto 2004, 17.)

Dielektrisyysarvolla tarkoitetaan aineen kykyä varautua eli polarisoitua ulkoisen sähkökentän vaikutuksesta. Dielektrisyys on materiaalin sähköinen ominaisuus, joka kertoo muun muassa materiaalin huokosissa olevan vapaan veden määrästä. Vapaan huokosveden määrällä on suuri merkitys eri materiaalien, kuten tierakenteiden, pohjamaan, betonin yms. rakennusaineiden käyttäytymiseen ja kestävyys. Tiemateriaalien dielektrisyysarvoon perustuvia testejä ovat pohjamaan routivuuden määrittäminen dielektrisyiden ja sähkönjohtokyvyn avulla sekä sidottujen ja sitomattomien kantavan kerroksen murskeiden laadun arviointi. Lisäksi maatutkalla voidaan suorittaa päällysteen laadunvalvontamittauksia, joissa pintaheijastusmenetelmän avulla mitattua dielektrisyysarvoa käytetään asfaltin tyhjätilan laskennassa. (Tiehallinto 2004, 17; Roadscanners.)

Ilmavasteantennit ovat pääasiassa tyypiltään kartiotorviantenneja, mutta myös muita antennityyppejä on kehitetty voimakkaasti. Antennien taajuudet ovat vaihdelleet 500 MHz:stä 2,5 GHz:iin, mutta yleisin käytetty antennitaajuus on 1 GHz. Markkinoille on myös 2,2 GHz:n ilmavasteantenni, joka on osoittautunut erittäin hyväksi muun muassa suurta resoluutiota vaativissa sorateiden kulutuskerrostutkimuksissa ja teräsverkkojen paikannuksessa. Ilmavasteantennien syvyysulottuvuus on normaalisti 0,5-0,9 m ja siksi niitä on käytetty lähinnä vain tie- ja siltatutkimuksissa. Mittauksen aikana ilmavasteantennit ovat vähintään 0,3-0,5 m maanpinnan yläpuolella ja tästä syystä antennien ominaisuudet eivät muutu tutkittavan väliaineen sähköisten ominaisuuksien muuttuessa. Siksi ilmavasteantennilla voidaan tehdä toistettavia mittauksia, jolloin maatutkadata ei muutu antennin ominaisuuksien muuttumisen vuoksi. Tämä mahdollistaa esimerkiksi väliaineparametrien laskemisen heijastusamplitudien perusteella. Lisäksi ilmavasteantennilla voidaan mitata muuta liikennettä häiritsemättä jopa 80-100 km:n tuntinopeudella. (Tiehallinto 2004, 14.)

Maatutkaluotaus edellyttää useimmissa tapauksissa myös referenssinäytteiden ottoa. Referenssinäytteitä käytetään tulkin tukena, mutta niille voidaan tehdä myös erilaisia laboratorioanalyyskejä. Referenssikairauksia tehdään normaalisti 2-3 km:n välein ja näytteitä otetaan vähintään 1 kpl jokaiselta tieosalta. Sopivat näytteenottokohteet määritetään maatutkaluotausten alustavan analyysin perusteella. Näyte otetaan yleensä tien oikealta ulkouralta. Referenssipisteistä määritetään päällystepaksuus ja sidottujen kerrosten paksuus 4-5 mm:n tarkkuudella, sitomattomien kerrosten paksuus 2 cm:n tarkkuudella ja rakennekerrosten kokonaispaksuus 5 cm:n tarkkuudella. (Tiehallinto 2004, 25.)

Tällä hetkellä maailmassa on useita laitevalmistajia, jotka tekevät tietutkimuksiin soveltuvia mittauskalustoja. Valmistajista suurin on Geophysical Survey Systems (GSSI), joka valmistaa sekä maavaste- että ilmastekalustoja. Muita suurempia ilmastekalustojen valmistajia ovat Penetradar ja Pulse Radar. Maavastekalustojen valmistajat ovat myös Mala Geoscience (Ruotsi), Utsi Electronics (Iso-Britannia), IDS (Italia) ja Sensors&Software (Kanada). Tämän lisäksi maailmalla on lukuisia pienempiä tutkakalustoja valmistavia yhtiöitä. Pohjoismaista löytyy lisäksi erilaisia maatutka-antenneja valmistava mm. ruotsalainen Radarteam Sweden AB. (Tiehallinto 2004, 14-15.)

3.2 Videointi ja ääninauhat

Kuntotietoja kerätessä visuaalisen tarkastelun merkitystä ei voi koskaan väheksyä. Autosta tehty tarkastelu on tärkeää, mutta sen tueksi on hyvä kuvata ja äänittää aineistoa myöhempää tarkastelua varten.

Yleensä toimeksiantojen yhteydessä tilaajat tilaavat mittauskohteesta myös digitaalivideon, joka on nauhoitettu mittauksen yhteydessä ja jonka ääniraitaan on nauhoitettu mittajien kuvaukset ja kommentit tieympäristöstä ja tien kunnosta. Videoinnin hyötyjä on mahdollisuus videokontrolliin, urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden mahdollisuudet kohteiden tarkasteluun myös jälkikäteen sekä videoiden avulla mittauskohteen pintakunto ja tiessä olevien laitteiden

kunnon senhetkinen tilanne tulee dokumentoitua luotettavasti myös mahdollisia myöhempiä kiistakysymyksiä varten. (Tiehallinto 2004, 20.)

Videointikalustossa on oltava riittävän tarkka optiikka ja laajakulmainen linssi, millä varmistetaan mahdollisimman laaja näkyvyys. Kuva tulee olla tarkennettu noin. 10-15 m etäisyydelle autosta terävän kuvan aikaansaamiseksi ja suljinajan tulee olla mahdollisimman nopea. Linssin on oltava puhdas eikä siinä saa olla vesipisaroita tai muita roskia. Kamera tulee kiinnittää mahdollisimman korkealle alustalle, missä se ei tärisi. Myös auton ikkunan läpi videointia tulisi välttää. Kameran kuvakulma tulee olla sellainen, että kamera kuvaa suurimmaksi osaksi tietä – taivasta saa näkyä tasaisella osuudella ainoastaan ohut raita kuvan yläosassa. Myös maatutkaluotausantennit tulisivat näkyä ainakin osittain kuvan alaosassa, jolloin maatutkadatan ja videodatan tarkka analyysi mahdollistuu. (Tiehallinto 2004, 20.)

Videokameran kuvakulma riippuu siitä, onko mittaus ja videointi tilattu molemmilta kaistoilta vai vain yhdeltä kaistalta. Jos videointi on vain yhdeltä kaistalta, tulee kamera asentaa auton vasemmalle puolelle ja kuvakulma tulisi olla niin, että sekä tie että molemmat reuna-alueet näkyvät mahdollisimman hyvin. Jos molemmat kaistat mitataan, tulee kamera asentaa oikeaan reunaan siten, että kuvassa näkyy mitattu kaista sekä mahdollisimman paljon tien luiskaa ja ojaa. Sama toistetaan myös vastaantulevien kaistalla. Edellisen lisäksi jos videokuvaus tehdään myös hoidon urakan tarpeisiin siten, että tiealueen varusteet ja laitteet kuvataan, tulee vasen kaista kuvata myös siten, että kamera osoittaa eteenpäin. Joissakin tapauksissa käytetään kahta kameraa, jolloin menosuuntaan kohdistettu kamera kuvaa päällysteen kuntoa ja tien sivulle kohdistettu kamera kuvaa tien reunan ja ojan kuntoa. Kuivatusanalyysiä tehtäessä kaikkein suositeltavinta on käyttää kolmea kameraa, milloin kolmas kamera on asennettu auton sivulle ja siitä on nähtävissä myös laskuojien kunto. (Tiehallinto 2004, 20-21; Saarenketo 2009 a, 14-15.)

Videointi tehdään hyvässä valaistuksessa, niin että tieltä tallentuisi mahdollisimman paljon yksityiskohtia. Videointia tehtäessä mittausnopeus on sovitettava sellaiseksi, että kuvan laatu on myös lähialueilla riittävän tarkka. Suositeltu mittaus nopeus on n. 20-30 km/h riippuen kohteesta ja kuvauskalustos-

ta. Mittausnopeutta mietittäessä on muistettava, että videon ääniraidalle on pystyttävä tekemään myös luotettavia havaintoja tiestä ja sen ympäristöstä. Kerättävät videot sidotaan johonkin paikantamisjärjestelmään myöhempää tarkastelua varten. (Tiehallinto 2004, 21-22.)

Videoinnin yhteydessä mittaaaja kommentoi ääniraidalle kommentteja tien kunnosta ja sen ympäristöstä. Mittaajan antamat kommentit riippuvat kohteesta, mutta yleisesti on annettu ohjeeksi, että videoille kommentoitaisiin ainakin

- onko tie kokonaan tai puoliksi penkereellä vai leikkauksessa
- kuivatuksen kunto esim. makaako -/virtaako vesi ojissa
- havaitut kallioleikkaukset
- tien pinnassa näkyvät vauriot
- arviot pohjamaan laadusta esim. turvekohteet tulisi aina mainita
- muut tien suunnitteluun vaikuttavat seikat
- videon alussa annetaan suullinen kuvaus mitattavasta kohteesta (Tiehallinto 2004, 22).

3.3 Palvelutasomittaus

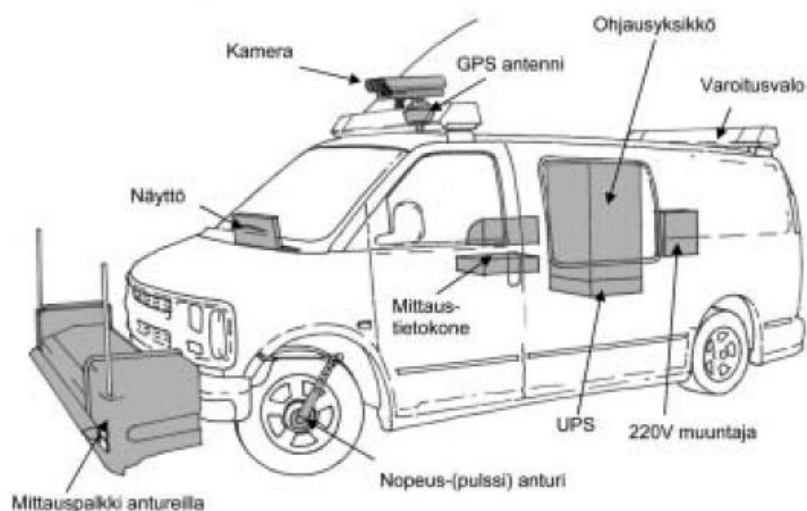
Tien tai kadun pituus- ja poikkiprofiili voidaan mitata usealla eri tavalla, joita ovat palvelutasomittaus (PTM) -auto, erilaiset ajoneuvon vasteeseen perustuvat mittarit, profiilipalkki, dipstick-profilometri ja vaaitseminen. Tässä opinäytetyössä perehdyn tarkemmin palvelutasomittauksiin, jotka mitataan ajoneuvosta lähes normaalilla ajonopeudella liikennevirran seassa. Muut menetelmät soveltuvat hitautensa vuoksi käytettäväksi vain yksittäisissä kohteissa. (Tiehallinto 2007, 12.)

Suomessa on mitattu tien pinnan pituus- ja poikkiprofiilia palvelutasomittauksilla vuodesta 1991 lähtien. Vuosittain mitataan koko päätieverkko ja noin kolmasosa alemmasta tieverkosta eli noin 30 000 km teitä. Yleisesti yksikaistaiset tiet mitataan yhteen suuntaan ja kaksikaistaisilta teiltä mitataan molemmat kaistat. (Tiehallinto 2007, 12.)

LaserRST on mittalaite tien pituus- ja poikkiprofiilin mittaamiseen. Mittausjärjestelmä perustuu lasertekniikkaan ja halutut tunnusluvut tuotetaan reaaliaikaisesti. Lasereiden lisäksi mittausautoon on liitetty muita mittalaitteita (taulukko 2 ja kuvio 4), jotka paikantavat mittaustapahtuman ja tunnistavat auton liikkeen ja asennon. (Tiehallinto 2007, 13-14.)

Taulukko 2. PTM-mittauksissa käytettävät muut mittalaitteet ja niiden tehtävät (Tiehallinto 2007, 14)

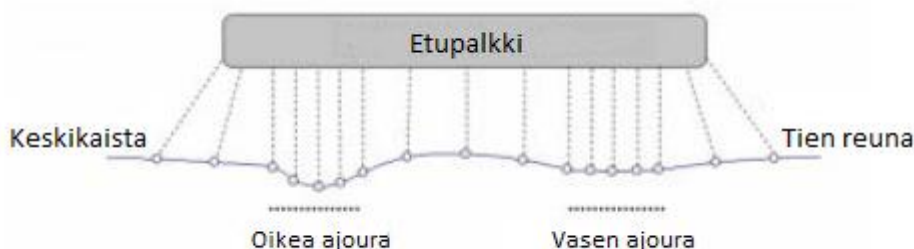
pulssianturi	mittaa matkaa
gps-järjestelmä	määrittää auton sijainnin
kello	tahdistetaan eri laitteiden mittaushetki
inklinometrejä	auton sivu- ja pituussuuntaisen asennon tallentamiseen
gyroskooppi	auton liikkeiden ja suunnan tallentamiseen



Kuvio 4. PTM-auton tärkeimmät komponentit (Tiehallinto 2007, 13)

Suomessa mittausleveys on 3,2 metriä. Mittaustuloksia kerätään 17 pisteestä kaistan poikkisuunnassa (kuvio 5). Mittauspisteitä on sijoitettu enemmän ajourien kohdille ja kuljettajan tulee seurata ajaessaan ajouria, sillä perättäi-

sinä vuosina otettuja mittauksia verratessa ajettujen urien tulisi olla samansuuntaisia keskenään. (Ruotoistenmäki 2005, 23.)



Kuvio 5. Mittauspisteiden sijainnit PTM-auton etupalkissa (Tiehallinto 2007, 14.)

PTM-mittauksissa ajonopeus voi olla 30-90 km/h riippuen nopeusrajoituksista ja muista olosuhteista. Jokaisesta 17 laserista saadaan 128 yksittäistä mittaustulosta 10 cm matkalta. Näistä lasketaan keskiarvot, jotka tallentuvat automaattisesti. Tallennettu arvo toimii lähtökohtana kaikkien pituus- ja poikki-profiilien parametrien laskemiseen. Tallennetuista mittaustuloksista voidaan kuitenkin laskea uusia muuttujia myös jälkikäteen. (Tiehallinto 2007, 14.)

Tien pituussuuntaisella epätasaisuudella (kuvio 6) katsotaan yleisesti olevan merkittävin vaikutus ajokustannuksiin. PTM-autolla mitattava tien pituusprofiili sisältää epätasaisuuksia, joiden aallonpituus vaihtelee 1 mm ja 50 m välillä. Eri aallonpituuden omaavat epätasaisuudet vaikuttavat ajoneuvoon ja matkustajiin eritavoin. Ajoneuvon ylittäessä epätasaisen kohdan sen heijaaminen aiheuttaa tiehen epätasaisen kuormituksen, mikä nopeuttaa tien rakenteen ja päällysteen heikkenemistä ja sitä myöten lisää epätasaisuutta. Jatkuva epätasaisuuden lisääntyminen on merkki tien kantavuuden vähenemisestä. Vuosittain toistuvien mittausten avulla seurataan rappeutumisen kehittymistä ja muutosnopeutta ja näillä tiedoilla voidaan ajoittaa korjaustoimenpiteet oikein. (Tiehallinto 2007, 19; Ruotoistenmäki 2005, 24.)



Kuvio 6. Routimisen aiheuttamaa tien pituussuuntaista epätasaisuutta (Belt - Kolisoja – Alatyttö - Valtonen 2006, 40)

Maailmanpankki teetti vuonna 1982 tutkimuksen, jonka tavoitteena oli kehittää yleisindeksi kuvaamaan tien pituussuuntaista epätasaisuutta. Tutkimuksen perustana oli tarve indeksiin, jolla pystyttiin vertaamaan eri maiden tieverkon kehittämisohjelmia. Indeksini tuli olla mitattavissa eri puolilla maailmaa erilaisilla mittareilla ja tulosten oli oltava vertailukelpoisia. Indeksini tuli olla suhteessa ajoneuvon matkustajien kokemaan epätasaisuuden aiheuttamaan värinänsä ja matemaattisesti määritettävissä tien pituusprofiilista. Tutkimuksen tuloksena kehitettiin standardoitu muuttuja, jolla kuvataan tien pituussuuntaista epätasaisuutta – IRI (International Roughness Index). IRI perustuu pituussuuntaiseen profiiliin, joka koostuu 10 cm mittaushavaintojen keskiarvoista. Tämä informaatio puretaan standardin mukaiseen matemaattiseen malliin, jossa kaikki epätasaisuudet käännetään aallonpituuksiksi. Töyssyt, painaumet ja asfaltin saumat ovat esimerkkejä, jotka vaikuttavat tienkäyttäjään eri tavoin. IRI-laskentamalli ottaa huomioon kunkin yksittäisen epäkohdan laajuuden ja aallonpituuden standardin määrittämällä tavalla. (Ruotoistenmäki 2005, 22; Tiehallinto 2007, 20.)

Suomessa IRI ilmoitetaan perinteisesti keskiarvoina 100 m välein, mutta tarvittaessa tarkempaa tarkastelua keskiarvon voi ilmoittaa myös 10 m välein. Kuitenkin hankesuunnittelussa kiinnostavia ovat yksittäiset epätasaisuudet, joiden sijaintia voidaan verrata maatumkatietoihin esimerkiksi ongelmakohdan paikantamisen yhteydessä. Epätasaisuuden sijainnin määrittämisessä yhden

metrin tarkkuus tien pituussuunnassa on riittävä. (Ruotoistenmäki 2005, 29; Tiehallinto 2007, 20.)

Mittauksissa tulee ottaa huomioon vuodenaikojen vaihtelut. Erityisesti alempi-luokkaisilla teillä voi ilmetä routaheittoja, jotka ilmenevät keväällä, mutta kesällä tällaiset tiet eivät erotu mittaustuloksista. Tekemällä profiilimittaukset keväällä ja kesällä tällaiset kohteet voitaisiin erottaa ja korjaustarpeet tunnistaa. Epätasaisuuksien erot eivät ole aina johdonmukaisia, mikä voi johtua IRI-arvon keskiarvoistamisesta, sillä se hävittää tietoa yksittäisistä epätasaisuuksista. Lisäksi routanousut esiintyvät peräkkäisinä vuosina hieman eri kohdissa, mistä syystä onkin tärkeää seurata tien korjaustarvetta pitkällä ajanjaksolla. (Ruotoistenmäki 2005, 30.)

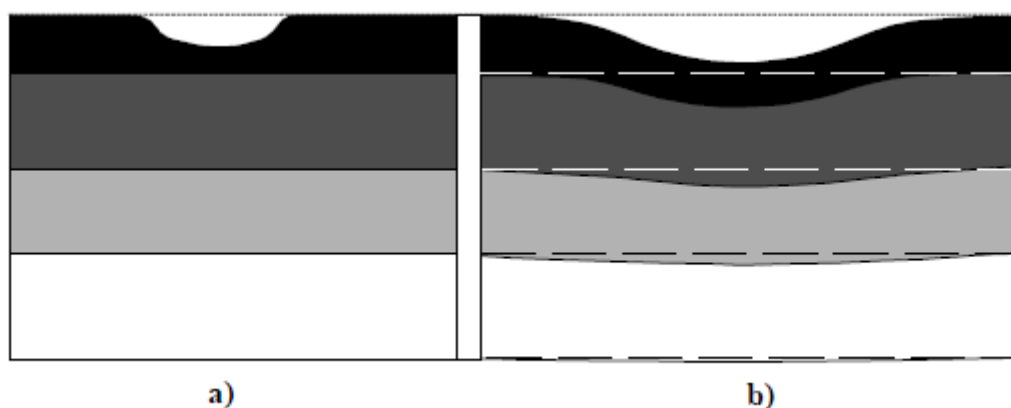
Tien poikkiprofiilista voidaan laskea mm. seuraavia tunnuslukuja:

- heitot
- uraisuus
- harjanteen korkeus
- vesiura
- sivukaltevuus (Tiehallinto 2007, 30).

Sivuttaisheitto kuvaa tien poikkisuunnassa tapahtuvaa äkillistä muutosta tien pinnassa, jonka vaikutuksesta ajoneuvo heilahtaa sivuttaissuunnassa. Erityisesti sivuttaisheitot ovat ongelmallisia raskaalle liikenteelle, mutta niiden on huomattu vaikuttavan myös henkilöautoihin. Pituusheitto tarkoittaa sen sijaan ajoneuvon heilahdusta, joka johtuu tien pinnan muodonmuutoksesta pituussuunnassa. Kun kuntotietoja kerätään ja halutaan määrittää heitot pituus- tai sivuttaissuuntaiseksi tulee käyttää apuna tasaisuuden eri muuttujia, jotka mitataan molemmista ajourista. Näiden muuttujien oikean ja vasemman ajouran mittaustulosten erotus määrittää heiton pituus- tai sivuttaissuuntaiseksi. (Tiehallinto 2007, 27.)

Kun kuntomuuttujia alettiin käyttää päällysteiden ylläpidon suunnittelussa, ensimmäiseksi keskityttiin urasyvyyteen. Tuolloin mittalaitteena oli mekaanisesti toimiva perävaunu, jonka avulla saatiin talletettua tien poikkiprofiili. Nykyisin urasyvyys mitataan PTM-mittauksissa molemmista rengasurista ja

normaalilla päällysteen poikkiprofiililla näiden kahden urasyvyyden maksimiarvoa voidaan sanoa maksimiurasyvyydeksi. Yleensä, kun puhutaan tien poikkiprofiilin kunnosta, tarkoitetaan juuri maksimiurasyvyyttä. Kun hanke-suunnittelussa kohdistetaan urapaikkauksia, käytetään oikean ja vasemman uran kulumaa päätettäessä miten paljon urapaikkauksia tarvitaan. Urasyvyyden mittaaminen on helppo ja käyttökelpoinen keino tien kunnan arviointiin. Se vaikuttaa sekä ajomukavuuteen että vesiliittoriskiin. Urasyvyys on keskeinen muuttuja päällystesuunnittelussa sekä kohteiden laadunvalvonnassa. Uraisuutta kuvattaessa on käytössä URA-arvo, joka kuvaa nimensä mukaisesti tien poikkisuuntaista epätasaisuutta, joka kuvataan millimetreinä. Nykyisin laskettaessa uraisuusarvojen kehittymisnopeutta verrataan erivuosien PTM-mittausten tuloksia. Tulevaisuudessa ennusteiden avulla voidaan päällystysohjelmia kohdentaa sinne, missä niille on tarvetta. (Tiehallinto 2007, 29; Carrement Oy 2009.)



Kuvio 7. Poikkisuuntaisen epätasaisuuden eli urautumisen pääasialliset syyt a) kulumisen, b) pysyvät muodonmuutokset (Tiehallinto 2007, 32.)

Ajourien välissä olevan harjanteen korkeus on havaittu hyödylliseksi muuttujaksi muun muassa Tiehallinnon vähäliikenteisten teiden taloudellisen ylläpidon tutkimusohjelmassa. Harjanteen korkeus heikentää liikenneturvallisuutta väistö- ja ohitustilanteissa, erityisesti talviolosuhteissa. Harjanteen korkeutta kuvaavan tunnusluvun suositellaankin korvaavan urasyvyys-muuttujan kevytpäällysteteillä, erityisesti silloin kun liikennemäärä on alle 350 ajoneuvoa vuorokaudessa. Tällaiset vähäliikenteiset tiet ovat usein kapeita, mutkaisia ja niiden poikkiprofiili voi olla epämääräinen, eikä liikenne kuluta päällysteeseen uria samalla tavalla kuin vilkasliikenteisillä teillä, vaan ongelmat aiheutuvat

ilmaston rasituksista tai rakenteen kestokyvyn heikkenemisestä. Harjanteen korkeuden lisäksi myös harjanteen korkeuden kasvunopeus on toimenpidevalinnan kannalta oleellinen tunnusluku. (Tiehallinto 2007, 32-33.)

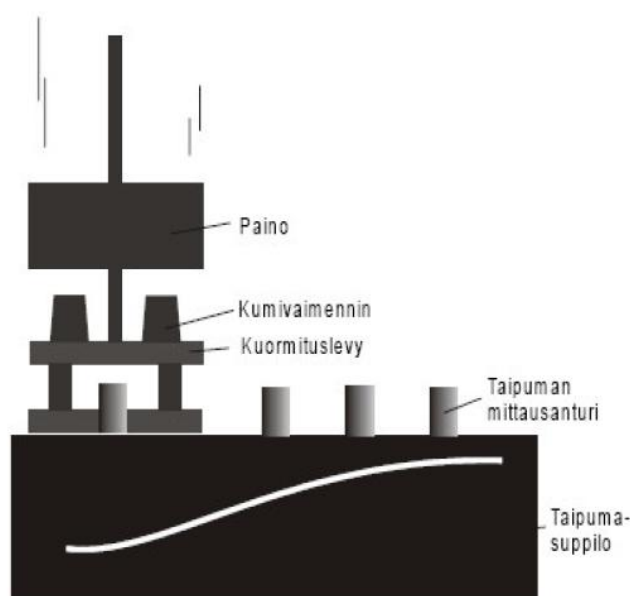
Vesiura on muuttujana ennen kaikkea turvallisuus- ja ajomukavuustekijä. Rengaskuvion lisäksi vesiuran syvyys vaikuttaa vesiliirtoriskin suuruuteen. Vesiliirtoriskiin vaikuttavat luonnollisesti myös keskimääräinen sateen kesto ja rankkuus. Vesiura noudattelee paljolti urasyvyyttä. Vesiuramuuttuja menettää paljon merkitystään 100 m raportointivälin keskiarvona. Olisi suositeltavaa etsiä ongelmakohtia 10 m tiedoista, mitä varten 2006 kuntotietorekisteriin lisättiin uusi muuttuja lätäköitymisriski, joka on niiden 10-metrinen määrä 100 metrillä, joilla oikea tai vasen vesiura on yli > 10 mm ja samalla pituuskaltevuus on 1,5 %...1,5 %. (Tiehallinto 2007, 34.)

Sivukaltevuus kuvaa tien poikittaista kallistumaa ja se myös kertoo tien pinnan veden poisjohtamiskyvyn. Riittämätön tai väärinpäin oleva sivukaltevuus lisää ajoneuvojen suistumisriskiä sekä kertoo tien rakenteessa tapahtuvista haitallisista muutoksista. Sivukaltevuus voidaan mitata usealla eri tavalla, vaikka mitään standardoitua menetelmää ei ole olemassa. Sivukaltevuuden mittauksia on alun perin tehty käsityönä, ensisijaisesti vaaitsemalla tienpintaa. Viime vuosina on kehitetty myös elektronisia mittalaitteita ja yksinkertaisia, erityyppisiä kallistusantureilla varustettuja laitteita. Nykyinen sivukaltevuustieto on talletettu Kuntotietorekisteriin vuodesta 2003 lähtien 50 m keskiarvoina. (Tiehallinto 2007, 35.)

3.4 Kantavuusmittaukset

Kantavuusmittausten tavoitteena on saada tietoa tieverkon rakenteesta ja sen kestävyydestä rakenteen mitoitusta, hankkeiden suunnittelua ja verkon kuntotilan kuvausta varten. Luonnollisesti taipumamittauksen tukena, mittauskohteiden valinnassa ja tulosten analysoinnin apuna tulee käyttää myös muita kuntomittauksia. (Tiehallinto 2005, 8.)

Pudotuspainolaitteella mitattaessa tierakennetta kuormitetaan painon (kuvio 8) avulla. Pudotusmassan annetaan pudota vapaasti kumivaimentimille, joiden välityksellä kuormitus siirtyy kuormituslevyn kautta tutkittavaan rakenteeseen. Kuormituslevy on yhtenäinen tai muutamasta sektorinpalasta koostuva levykuormituslaitteen kokoinen ympyrälevy. Pudotuspainon aikaansaama kuormituspulssin kesto on 0,02-0,03 s. Taipuma mitataan sekä kuormituslevyn alla että myös usealla eri etäisyydellä kuormituslevystä. Tällä tavalla saadaan mitattua niin sanottu taipumasuppilo. Taipumasuppilo kuvaa rakenteen kimmoista vastetta ja sen pintaan kohdistuvan kuormituksen suhteen. (Penttinen 2008, 41-42.)



Kuvio 8. Pudotuspainolaitteen toimintaperiaate (Penttinen 2008, 41)

Mitatuista taipumista lasketaan erilaisia tunnuslukuja, kuten kevätkantavuus, jota käytetään yleisesti kuntotietoja esitettäessä ja kantavuusaste, joka tarkoittaa mitatun kantavuuden ja tavoitekantavuuden suhdetta. Pudotuspainolaittekalustona käytetään yleisesti auton perässä vedettävää (kuvio 9) tai autoon integroitua (kuvio 10) pudotuspainolaitetta. Pudotuspainolaitte-mittauksia tehdään yleensä 100 m välein eli yksi piste kullekin kuntorekisterin jaksolle. Tällöin saadaan yleiskuva tieverkon kantavuudesta, mutta tien kantavuudessa voi kuitenkin olla suuriakin eroavaisuuksia mittauspisteestä riippuen, jolloin mittauksen edustavuudesta ei ole varmuutta. Tästä syystä viime vuosina on

eri puolilla maailmaa pyritty kehittämään jatkuvaa taipumamittausta, jolla pyritään mittaamaan tieverkon taipumaprofiili nopeasti liikkuvalla ajoneuvolla PTM-mittausten tapaan. Markkinoille ei kuitenkaan ole vielä ilmestynyt varteen otettavaan vaihtoehtoa korvaamaan perinteistä mittaustapaa. (Tiehallinto 2005, 8.)



Kuvio 9. Ruotsalaisvalmisteinen pudotuspainolaite Kuab (Liikennevirasto)



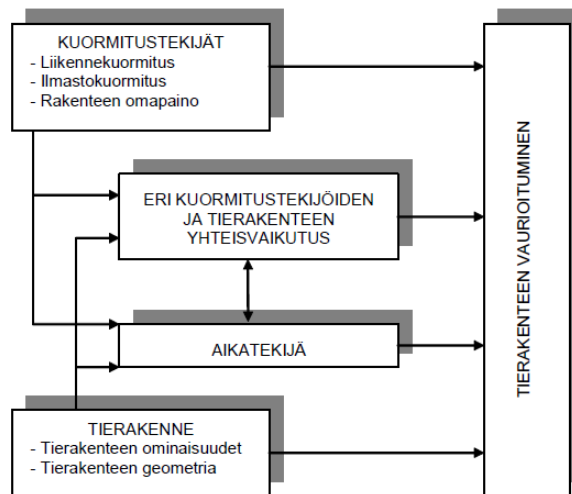
Kuvio 10. Pudotuspainolaite Loadman FWD – Heavy Loadman asennettuna pakettiautoon (AI-engineering Oy)

Mittauksia tehtäessä on tärkeää ottaa huomioon mittausajankohta, mitä varten on kehitetty lämpötilakorjauskertoimia, joilla otetaan huomioon päällysteen lämpötilan vaikutus mitattuihin taipumiin. Mikäli mittaukset tehdään keuhällä ja tulokset halutaan muuttaa keuhkankantavuudeksi, se tapahtuu keuhkankantavuuskertoimen avulla. Keuhkankantavuusmittaukset tehdään, kun sulaminen on edennyt vähintään 0,5 m routineeseen pohjamaahan. Roudan syvyys arvioidaan edellisen talven pakkasmäärästä ja jos se tai roudan mitattu syvyys ei ole tiedossa, keuhkammääräisen pakkasmäärän mukaan. (Tiehallinto 2005, 8; Tiehallinto 2004, 36.)

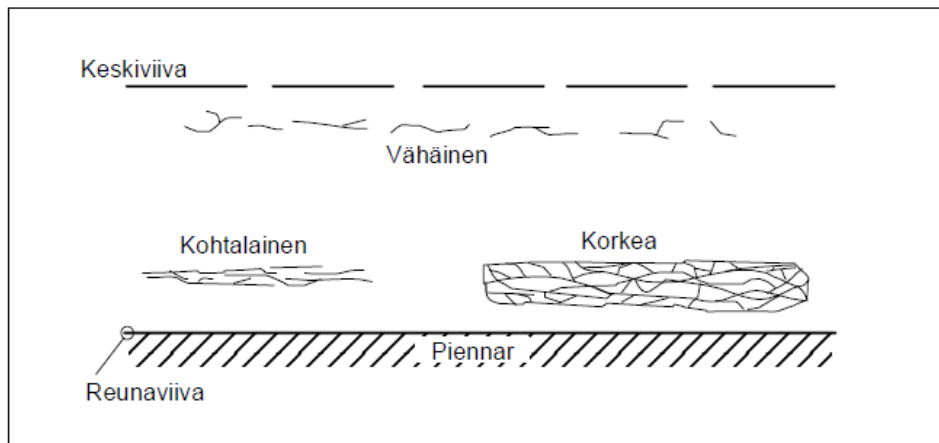
Kantavuusmittaukset tehdään keskimäärin viiden vuoden välein siten, että mittaukset suoritetaan kolme kertaa rakenteen kestoikään vaikuttavan toimenpiteen elinkaaren aikana. Ensimmäinen mittaus tehdään toimenpiteen jälkeisenä vuonna, tämän jälkeen kantavuus mitataan ensimmäisten vaurioiden ilmestyttyä, kolmannen kerran taipumat mitataan toimenpiteen elinkaaren lopussa ylläpitokohteiden valintaa ja suunnittelua varten. Eli kun vaurioitaso ylittää tietyn raja-arvon, otetaan kohde mittausohjelmaan mukaan. (Tiehallinto 2004, 8.)

3.5 Päällystevaurioinventointi

Tiestön päällysteiden vaurioituminen johtuu (kuvio 11) ilmaston, liikennekuormituksen, vanhenemisen sekä tierakenteen oman painon vaikutuksesta. Näiden rasitusten yhteisvaikutus kiihdyttää (kuvio 12) päällysteiden vaurioitumista. Päällysteen vaurioitumiseen voivat vaikuttaa lisäksi rakentamisaikaiset työvirheet, jotka aiheuttavat päällysteeseen muun muassa purkauksia, reikiä ja saumojen porrastumista. (Kuosmanen 2011, 15.)



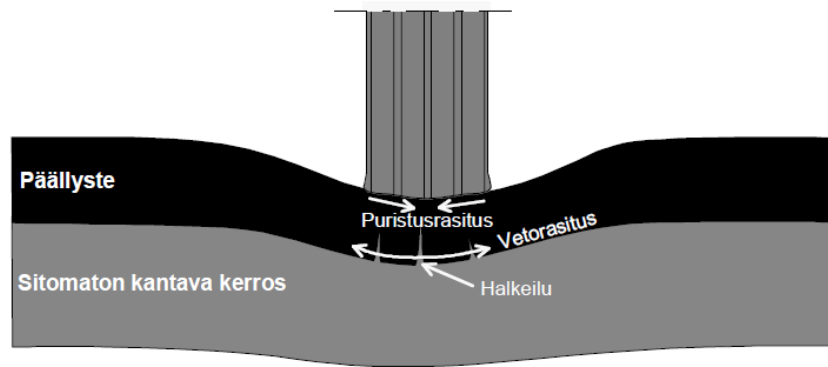
Kuvio 11. Osatekijät, jotka aiheuttavat tierakenteen vaurioitumisen (Kuosmanen 2011, 15)



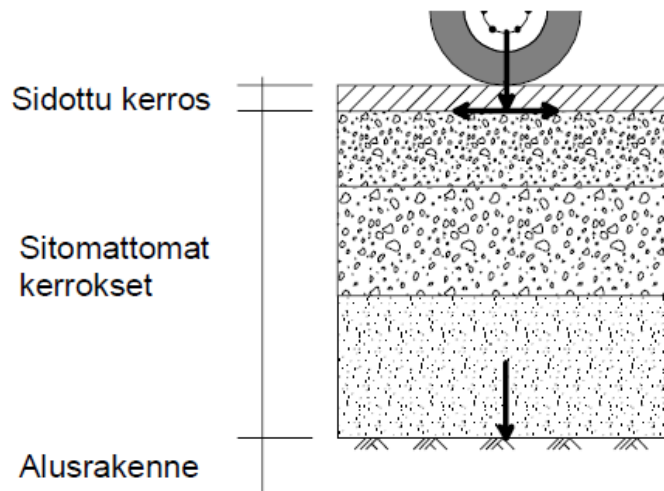
Kuvio 12. Päällysteen väsymisvaurioitumisen eteneminen ja vakavuuden asteet (Belt ym. 2006, 43)

Liikennekuormitus, joka jaetaan raskaan liikenteen ja henkilöautoliikenteen aiheuttamaan kuormitukseen (kuviot 13 ja 14), aiheuttaa päällysteeseen lähinnä poikkisuuntaista epätasaisuutta sekä pituus- ja verkkohalkeamia. Liikennekuormitus on luonteeltaan lyhytaikaista, usein toistuvaa kuormitusta. Ajoneuvon rengas taivuttaa päällystettä pituus- ja poikkisuunnassa ja aiheuttaa puristusjännitystä päällysteen yläpintaan ja vetojännitystä päällysteen alapintaan (kuviot 12 ja 13). Lisäksi sitomattomiin kerroksiin syntyy puristusjännityksiä. Asfalttipäällysteen vetomuodonmuutoksen toistuessa riittävän useasti alkaa päällyste vaurioitua. Vaurioitumisprosessia kutsutaan päällysteen väsymiseksi. Asfalttipäällysteen väsyminen johtuu bitumin viskoelastis-

ta ominaisuuksista: Bitumin murtolujuus ja -venymä pienenevät, kun liikenteen kuormituskerrat lisääntyvät. (Kuosmanen 2011, 15.)



Kuvio 13. Kuormituksen aiheuttamat väsymisvauriot (Belt ym. 2006, 41.)



Kuvio 14. Kuormituksen aiheuttamat jännitykset tierakenteen pituussuunnassa (Kuosmanen 2011, 16.)

Ilmastokuormitus sisältää veden, lämpötilan ja roudan vaikutukset. Niistä lämpötila vaikuttaa suoraan päällysteisiin, ja roudan sekä veden vaikutus syntyy pääasiassa alusrakenteen ja sitomattomien kerrosten kautta. Routiminen aiheuttaa päällysteeseen halkeamia ja tien pituussuuntaisen epätasaisuuden kasvamista. Halkeamat syntyvät, kun routimisen seurauksena tapah-

tuva routanousu aiheuttaa päällysteeseen vetorasituksia, jotka ylittäessään päällysteen vetolujuuden aiheuttavat syvälle tierakenteeseen ulottuvia pituushalkeamia. Lisäksi roudan sulaminen alentaa tien kantavuutta. Tien kantavuuden vaihtelut voivat lisätä routimishalkeamien syntyä. Alusrakenteiden erilaiset routimisominaisuudet ja epäjatkuvuuskohdat, kuten rummut ja vaihteleva päällysrakennepaksuus, aiheuttavat epätasaisia routanousuja, mikä näkyy tien pituussuuntaisena epätasaisuutena. (Kuosmanen 2011, 18.)

Ilmaston ja kuormituksen vaikutusta voi olla kuitenkin vaikea erottaa, johtuen molempien tekijöiden vuorovaikutuksesta toisiinsa ja yhdessä ne kiihdyttävät tien rakenteen rappeutumista. Karkeasti voidaan kuitenkin arvioida liikennekuormitus pääasialliseksi vaurion aiheuttajaksi, jos vauriot sijaitsevat ajourilla. Sen sijaan keskilinjalla olevat vauriot ovat usein ilmastoperäisiä, kuten kuviossa 15 nähtävä routimisen aiheuttama pituushalkeilu tien keskiosassa. Ajourien oikealla puolella olevat vauriot ovat sen sijaan merkki reunan painumista. (Tiehallinto 2007, 38.)



Kuvio 12. Routimisen aiheuttamaa pituushalkeilua (Belt ym. 2006, 39.)

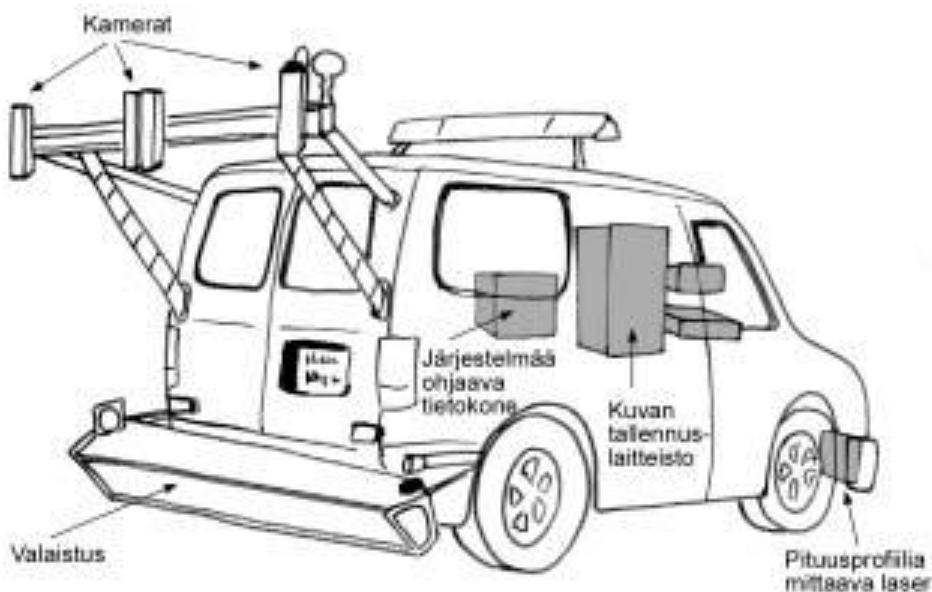
Päällystettyjen teiden päällystevauriot inventoidaan visuaalisesti hitaasti liikuvasta ajoneuvosta yleensä 3-5 vuoden välein, riippuen kohteen liikennemääristä ja havaituista vaurioituneisuudesta. Päällystettyjen teiden vaurioin-

ventoinnissa noudatetaan Tiehallinnon julkaisemaa päällystevaurioiden inventointiohjetta. Päällystettyjen teiden osalta inventoitavat vauriot ovat:

- pituushalkeamat
- poikkihalkeamat
- saumahalkeamat
- verkkohalkeamat
- reiät
- purkaumat
- reunapainumat ja muut ajoradalla olevat pituussuuntaiset painumat (Tiehallinto 2005, 32).

Visuaalinen vaurioinventointi on hidasta ja työlästä, mutta sen suurin ongelma on kuitenkin mittaustiedon epätarkkuus. Mittaustulokset vaihtelevat eri inventoijien välillä sekä oletettavasti myös saman inventoijan eri aikoina tekemien mittausten välillä voi olla eroavaisuuksia. Koska vauriot inventoidaan autosta, voi havaintoihin vaikuttaa esimerkiksi valaistusolosuhteet, kuten auringonpaiste/hämärä, tienpinnan kosteus ja muu liikenne. Visuaalisen inventoinnin ongelmia on pyritty ratkaisemaan kehittämällä vaurioiden automaattista mittausta, missä tien pinta kuvataan joko analogisella tai digitaalisella videokameralla, digitaalisella matriisi- tai viivakameralla tai kolmiulotteisesti laserilla. (Tiehallinto 2005, 34-35.)

Päällystevaurioiden automaattisiin mittauksiin (APVM) on Suomessa käytetty ainakin Ramboll RST:n valmistamaa mittausajoneuvoa, jonka tuotenimi on PAVUE (kuvio 16). Kyseistä laitetta on käytetty Suomen lisäksi mm. Englannissa, Hollannissa ja Yhdysvalloissa. Järjestelmää voidaan käyttää yhdessä palvelutasomittauksissa käytettävän Laser RST:n kanssa tai sitä voidaan käyttää itsenäisenä tiedonkerääjänä. Lisäksi samaan mittalaitteeseen voidaan liittää myös kuvankeräysjärjestelmä, jonka avulla tallennetaan yleisnäkymä mittausauton edestä käyttäen erillistä eteenpäin suunnattua kameraa. (Tiehallinto 2007, 15.)



Kuvio 13. Automaattisessa vaurionmittauksessa käytettävän PAVUE-laitteiston komponentit (Tiehallinto 2007, 15)

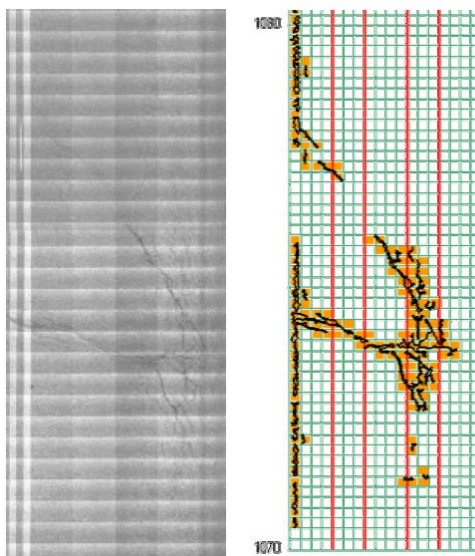
Mittalaite kerää tietoa neljän videokameran avulla, jotka kuvaavat tienpintaa jatkuvasti auton liikkuessa. Mittaus tapahtuu liikenteenmukaisella (5-90 km/h) ajonopeudella samalla tavoin kuin palvelutasomittauksissa. Mittaus voidaan suorittaa vuorokauden ajasta riippumatta, sillä mittauskalustoon kuuluu erillinen tienpinnan valaistusjärjestelmä. Mittauskaluston leveys on 3,5 metriä ja ajoneuvo tulee sijoittaa keskelle ajorataa, jotta vasemman puolen kamerat kuvaavat keskilinjaa. Myös oikean puolen kameroiden tulee kuvata päällystettä. Pituuden mittaus tehdään sekä pulssianturin että GPS-paikannuksen avulla, kuten muissakin mittausmenetelmissä. (Tiehallinto 2007, 15-16.)

Kameroiden, valaistuksen ja tietokoneiden lisäksi autossa ovat erilliset tien pinnan karkeutta mittaavat laseranturit. Ne ovat samanlaisia kuin PTM-autojen anturit ja ne on sijoitettu ajouriin. Karkeusarvot ohjaavat kuvantulkinnassa käytettäviä parametrejä. Tämä on tarpeen, koska kuvista on poistettava pinnan kivien ja rakeisuuden aiheuttamaa taustakohinaa. Tunnistettujen vaurioiden perusteella lasketaan vauriomuuttujat, joita ovat vaurio-osuus (koko kaista) ja vaurio-osuudet kaistan eri osissa. (Tiehallinto 2007, 16.)

Kuvatulkinnan automatisoinnin aste voi vaihdella, mutta esimerkiksi vauriotiedon raakadata voidaan muodostaa videokuvasta kuvankäsittelyn keinoin

tai laserilla mitatusta päällysteen pinnan korkeustiedosta. Raakadatasta tunnistetaan ja luokitellaan vauriotyypit, joiden määrät lasketaan ja määritetään niiden sijainti tiellä. (Tiehallinto 2005, 35.)

Vaurio-osuus (VO %) on tunnusluku, joka kuvaa verkkotason kuntoa. Se lasketaan kuvatulkinnessa tunnistettujen vaurioiden päälle määritetyn ruudukon avulla (kuvio 17). Suomessa käytetään 20 x 20 cm jaolla olevaa ruudukkoa, joka asetetaan mitatun alueen päälle. Ruuduista jokainen vaurion sisältävä ruutu katsotaan vaurioituneeksi. Vaurioituneiden ruutujen prosentuaalinen osuus lasketaan tarkastelun kohteena olevalle osuudelle. Ruutujen koko määritetään erikseen kuvatulkinintaan tarpeen mukaan. Tiehallinnolle toimitetaan vauriomittausten tulokset 10 ja 100 m tietoina. Kuviossa 17 on esitetty digitaalisten kuvien 10 m kooste ja vastaava vauriokartta. (Tiehallinto 2007, 39-40.)



Kuvio 14. Digitaalisesta kuvasta tulkittu vauriokartta (Tiehallinto 2007, 40)

Suomessa käytetään koko ajokaistalta laskettavan vaurio-osuuden lisäksi viittä eri kaistan pienemmiltä osilta laskettavaa vaurio-osuutta. Kaistalle on valittu kiinteät ajourien paikat, koska ajourien paikkaa ei vielä pystytä määrittämään dynaamisesti. Vasen ajoura alkaa 80 cm päästä mittausalueen vasemmalta reunalta, ajoura on 60 cm leveä. Kaistojen väliin jäävä alue on 80 cm leveä, jonka jälkeen on oikea ajoura (leveys 60 cm). Viimeisen, ojan puo-

leisen alueen leveys on 70 cm, 3,5 m mittausleveydestä johtuen. Vauriomuuttujan laskennassa tämä viimeinen rivi käsitellään kuitenkin 20 cm leveänä. Syntyviä rajoja noudattamalla saadaan ajoradalle viisi eri osaa, ajourat, kaistan vasen reuna, kaistan oikea reuna ja urien väliin jäävä keski-alue. Ajoradan eri osissa olevat vaurio-osuudet määritetään vertaamalla alueen vaurioituneiden ruutujen määrää koko kulloinkin vertailtavan alueen ruutujen määrään. Prosenttiosuus määrittelee tiealueen senhetkisen tilan (taulukko 3). (Tiehallinto 2007, 40-41.)

Taulukko 3. Kommentit vaurio-osuuden arvoista yhdeltä kaistalta mitattuna (Tiehallinto 2007, 42)

Vaurio-osuus (VO %)	Kommentit
>2	<i>vähän satunnaisia vaurioita</i>
2 - 5	<i>halkeaman alkuja / vähän vaurioita</i>
5 - 10	<i>tien pinta on jonkin verran vaurioitunut</i>
>10	<i>paljon vaurioita</i>
>30	<i>päällyste purkautumassa tai tarkastelualue on erittäin vaurioitunut</i>

4. TULEVAISUUDENNÄKYMÄT

Tekniikan kehittyessä on luonnollista, että markkinoilla olevat mittausvälineet kehittyvät myös. Tulevaisuudessa kehittyvä tekniikka tulee antamaan lisää mittauspisteitä poikkiprofiilin mittaukseen. Lasertekniikka on kehittymässä niin sanotun viivalaserin suuntaan ja toisaalta itse optiikan liikuttamiseen, mitä kutsutaan heilurilaseriksi. Tällä hetkellä kehitystä jarruttaa edelleen vaatimaton laskentateho ja tiedonkäsittelyn tulisi tehostua jopa 100-kertaiseksi, jotta voitaisiin puhua ns. jatkuvasta mittaamisesta. (Tiehallinto 2007, 49.)

Vauriomittauksia tarkasteltaessa kehityksen kolmas sukupolvi eli automaattinen vaurionmittaus on päässyt tuotantomittauksiin ja sitä pidetään yleisesti käyttökelpoisena. Tulevaa kehityssuuntaa ovat valaistuksen parantaminen nykyistä energiatehokkaammaksi sekä kuvankeräyksen kehittyminen viivakameroihin ja 3D-kuvaukseen. Tällä hetkellä uuden mittaustekniikan kehittäminen on kuitenkin kallista suhteessa mittausmarkkinoiden kokoon ja vaatimukseen. (Tiehallinto 2007, 49.)

Maatutkaluotaus on kehittynyt huimasti viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana ja siitä on tullut entistä yleisempi tutkimuksen väline perehtyessä teiden, katujen, rautateiden, kiitoratojen ja sillan rakenteisiin. Liikenneinfrastruktuurin kartoittamisessa maatutkaluotaus tuo kiistattomia etuja tarjotessaan nopeaa ja jatkuvaa profiilia myös pinnan alapuoleisista kerroksista. Tutkauksen haittana voidaan pitää monimutkaista tekniikkaa ja tulevaisuudessa tarvitaankin lisää koulutusta. Lisäksi ohjelmistoja tutkadatan analysointiin tulee kehittää. (Saarenketo 2006, 103.)

Yhtenä esimerkkinä haluaisin nostaa esiin lämpökameran käytön tulevaisuudessa myös kuntotietoja kerätessä. Kesällä 2007 Lapin tiepiirille tehdyn Kittilän kuivatusanalyysin yhteydessä testattiin, miten lämpökameratekniikkaa voitaisiin käyttää päällystettyjen ja sorateiden kuivatusanalyysien tukena. Testien tuloksia voidaan pitää kannustavina. Kesäkuun alussa mitatuissa tiekohteissa, joissa tien reunan ja ojan lämpötilat olivat huomattavasti ympäristöään alhaisempia, havaittiin päällystetyillä teillä korkeita urautumisarvoja

ja -nopeuksia ja vastaavissa soratiekohteissa esiintyi kelirikkoa, urautumista ja kesällä kulutuskerroksen reikiintymistä. Lämpökameran etuna on se, että ongelmaosuudet voidaan luotettavasti paikantaa yhdessä maatutkaluotaimen kanssa sellaisinakin keväinä, jolloin kelirikkoa ei kohteessa esiinny. (Saarenketo 2009 b, 18.)

Muita esille tulleita ideoita ja tulevaisuuden mahdollisia kehityssuuntia ovat muun muassa tien ja tieympäristön kuvaaminen lentokoneesta tai satelliitista. Ilmakuvia käytetään tällä hetkellä esimerkiksi tiealueen määrittämiseen. Liki-mallilla päästään esimerkiksi tiesuunnittelussa tarvittavan maastomallin luomiseen, missä tällä hetkellä korkeustieto on epävarmin. Ilmakuvan resoluutio voi nykytekniikkaa käyttäen olla esimerkiksi noin 25 mm. Näin ollen kuvasta voidaan tulkita esimerkiksi reiät, purkaumat, isot halkeamat, sekä se onko ojissa vettä. (Tiehallinto 2005, 44.)

Tunnuslukujen suhteen ollaan kohtalaisessa tilanteessa. Olemassa olevien muuttujien ominaisuudet tunnetaan ja myöhemmin on mahdollista jalostaa mittaustiedot kuvaamaan uusia vaikutuksia. Myös tiedon käyttäjät ovat totuneempia kuntotietoon ja osaavat hyödyntää sitä toimintasuunnittelun apuna. Tällä hetkellä lähellä laajamittaista käyttöä ovat muutamat uudet kunto-muuttujat, kuten sivukaltevuuspuute ohjaamaan ylläpitotoimenpiteiden valintaa, karkeustieto melun ja ajokustannusten arviointiin, haitallisten poikkihalkeamien tallentaminen sekä vauriotyyppien määrittäminen. (Tiehallinto 2007, 49.)

Mittausten organisoimisessa on tapahtunut muutoksia. Tänä päivänä palveluntarjoajien toiminta on kansainvälistä, vaikka kansalliset tielaitokset toimivatkin toistaiseksi harvoin yhdessä. Suomen tiestömittauksia vaikeuttavia olosuhteita ovat pitkät etäisyydet ja lyhyt mittauskautsi. Tekniikan kehittyminen on tuonut markkinoille myös uusia toimijoita. (Tiehallinto 2007, 49.)

5. TIEDON HALLINTA

5.1 Katurekisterit

Katuverkoston kuntotietoon ja sen keräämiseen liittyvät oleellisesti myös tiedon hallinta ja varastointi. Useimmissa Suomen suurimmista kunnissa on jo siirrytty käyttämään katurekistereitä, joilla olemassa olevan tiedon hallinta ja varastointi on helpompaa. Tässä opinnäytetyössä perehdyin Carement Oy:n toivomuksesta tarkemmin Novapoint Irikseen, mutta markkinoilla on muitakin rekisteriohjelmia, kuten Tekla Xcity, YAOH, Keypro Keyarea sekä Airix Katuinfo. (Kenttälä 2010, 31.)

Katurekisterit sisältävät tietoa kuntien katuomaisuudesta, viheralueista ja tonteista. Katurekisterit sisältävät kuntotietojen lisäksi perustiedot kaduista, kuten kadun pituuden, leveyden ja päällysteen tiedot sekä tietoa kadun varusteista ja laitteista. Katurekisteriin tallennetaan tietoa myös viheralueista ja kadun varsilla sijaitsevista tonteista. Rekisteriohjelmat tarjoavatkin tässä mielessä tehokkaan tavan hallita koko infraomaisuutta. (Kärkkäinen 2008, 7, 10.)

Valtion hallinnolla on käytössään ohjelmia ja menetelmiä, joiden avulla se käsittelee yleisten teiden tietokantaa. Valtion hallinto tarjoaa myös nämä menetelmät inventointi- ja kuntotietojen mittauspalveluita tekevän konsultin käyttöön. Sen sijaan kuntasektorilla vallitsee avoin kilpailutilanne ohjelmistovalmistajien kesken. (Kärkkäinen 2008, 7.)

Katurekisterien käyttö on muuttunut viimeisten vuosien aikana. Katurekisterit ovat kehittyneet sekä kunnat ovat olleet halukkaita panostamaan sekä investoimaan enemmän katu- ja kuntotietojen hallintaan. Erilaista tietoa infraomaisuudesta ja kuntotiedoista pyritään tulevaisuudessa hallitsemaan koordinoidummin. Pyrkimyksenä on, että kuntotiedot ovat helposti saatavissa ja sen analysointi olisi helppoa. Sen lisäksi kuntotiedot tulee olla helposti päivitettävissä. Kuntien erilaiset koot ja hallintomallit aiheuttavat haasteita katurekisterien käytölle. Tällä hetkellä monet pienet kunnat kokevat katurekisterien käytön kalliiksi ja vaivalloiseksi. (Kärkkäinen 2008, 8; Kenttälä 2010, 31.)

Digiroad on kansallinen tietojärjestelmä, joka sisältää katujen ja teiden tarkat sijainnit sekä omaisuustiedot. Digiroad syntyi lain 991/2003 pohjalta, millä oli tarkoitus järjestää valtakunnallinen järjestelmä yleisten teiden, katujen sekä yksityisten teiden tallennukseen. Digiroadin valmistelu aloitettiin vuonna 2001 ja se valmistui 2004, jonka jälkeen vastuu sen ylläpidosta on ollut liikennevirastolla, maanmittauslaitoksella ja kunnilla (taulukko 4). Tällä hetkellä Digiroad on kattavin olemassa oleva tietokanta Suomen tiestöstä. (Kenttälä 2010, 32.)

Taulukko 4. Digiroadin ylläpitovastuu on jaettu kolmelle eri taholle (Digiroad 2010)

Maanmittauslaitos	Ylläpitää katujen ja teiden keskilinjan geometriatietoja ja yksityisteiden ominaisuustietoja
Liikennevirasto	Ylläpitää yleisten teiden ja kevyenliikenteenväylien ominaisuustietoja
Kunnat	Ylläpitää katujen, kuntien omistamien kevyenliikenteenväylien ja kuntien vastuulla olevien yksityisteiden ominaisuustietoja

5.2 Novapoint IRIS

Novapoint IRIS:iin perehdyn työssäni paremmin Carement Oy:n toivomuksesta. Useilla suurilla kaupungeilla on käytössä IRIS-ohjelma ja näistä useat ovat myös Carementin asiakkaita.

Novapoint IRIS on käytössä seuraavissa kunnissa:

- Hämeenlinna
- Imatra
- Joensuu
- Kuopio
- Lahti
- Lappeenranta
- Oulu

- Nokia
- Rovaniemi (Kärkkäinen 2009).

Novapoint-ohjelmistot ovat Vianova Systemsin kehittämiä ja markkinoimia infra-alan ohjelmia, joista IRIS on kehitetty katurekisterin hallintaan. IRIS (Integrated Route Information System) on otettu käyttöön vuonna 2000. Aluksi IRIS-ohjelmalla pystyttiin käsittelemään lähinnä kuntien väyläomaisuutta. Sittemmin Novapoint on laajentanut IRIS:ien palveluita ja nykyisin sillä pystytään käsittelemään monipuolisesti katujen tietoa ja ympäristöä, kuten yleisiä alueita, katujen varusteita ja laitteita tai vaikka yleisten alueiden puustoa. (Kärkkäinen 2009.)

Lähtöaineistona IRIS käyttää Digiroad-tietojärjestelmää ja teiden keskilinjoi. Katualueiden mallinnus perustuu tielinjoihin ja tiedot on sidottu katujen paalutukseen ja katuosiin. Tietyn alueen, kuten yksittäisen kunnan katurekisterin tiedot, on säilytetty yhteen ainoaan tietokantaan, jota voidaan käyttää ja muokata ulkoisilta tietokonepäätteiltä. IRIS-perusmoduuli sisältää katutietojen hallinnan. IRIS:n lisämoduuleilla voidaan hallita yleisiä alueita, katujen ja yleisten alueiden puita, katujen varusteita ja laitteita sekä venesatamien tietoja. (Kärkkäinen 2009.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vielä 2000-luvun alkupuolella kuntotietojen keruu perustui lähinnä visuaaliseen tarkasteluun, valokuviin sekä videoleikkeisiin ja perinteisesti katuverkon korjaustarpeen arvioinnissa luotettiin tienkäyttäjien ja tiemestareiden arvioon. Nykypäivänä on siirrytty entistä systemaattisempaan tiedon keruuseen ja olemassa olevan tiedon hallintaan. Aiemmin kuntotietojen hallinnasta vastasi ylläpitäjä, joka oli teettänyt tarvittavat mittaukset, mutta nykyisin on siirrytty datan hankinnan sijasta solmimaan pidempiä hankintasopimuksia. Entistä laajemmat palvelukokonaisuudet kattavat mittaukset, laskennan, tiedon varastoinnin sekä analysoinnin.

Katuverkon pinnan vauriot voidaan inventoida kävellen tai hitaasti liikkuvasta ajoneuvosta, tai ne voidaan mitata automaattisella vauriomittarilla. Tien rakenteen kestävyys sen sijaan määritellään useita kuntotietoja yhdistelemällä. Rakenteen kestävyyttä määriteltäessä voidaan käyttää tien pinnan profiili- ja vauriotietojen lisäksi pudotuspainolaite-, maatutkaluotaustuloksia, autokairauksia sekä maalaboratoriotutkimuksia.

Tiestön päällysteiden vaurioituminen johtuu ilmaston, liikennekuormituksen, vanhenemisen sekä tierakenteen oman painon vaikutuksesta. Aiemmin vaurioinventointi on tehty visuaalisesti, mikä oli hidasta, työlästä ja epätarkkaa. Nykyaikana markkinoille on tullut päällystevaurioiden automaattisia mittausjärjestelmiä (APVM). Mittalaite kerää tietoa neljän videokameran avulla, jotka kuvaavat tienpintaa jatkuvasti auton liikkuesssa. Vaurio-osuus (VO %) on tunnusluku, joka kuvaa verkkotason kuntoa. Se lasketaan kuvatulkinnassa tunnistettujen vaurioiden päälle määritetyn ruudukon avulla.

Viime vuosina maatutkaluotauksen käyttö on laajentunut pohjamaatutkimuksista ja päällysteiden ja rakennekerrosten paksuuden mittauksista myös rakennekerrosten ja pohjamaanlaadun tutkimuksiin, sitä käytetään myös materiaalien lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksien määrittämisen apuna. Maatutkaluotausten suurin etu on sen tuottama jatkuva profiili tutkittavasta kohteesta, minkä lisäksi mittauksia voidaan suorittaa liikkuvasta autosta muuta

liikennettä häiritsemättä. Kuntotietoja kerättyä yleisimmin käytettävät antennit ovat 1 GHz:n ilmastiantenni, jonka syvyysulottuvuus on 0-0,7 m ja 400 MHz maavasteantenni, joka ulottuu 0-3,5 metriin. Maatutkaluotaus edellyttää useimmissa tapauksissa referenssinäytteiden ottoa, millä voidaan määrittää tarkasti päällysteen ja eri rakennekerrosten paksuus.

Kadun pituus- ja poikkiprofiiliin mittaamiseen käytetään palvelutasomit-
tausautoa. Vuosittain Suomessa mitataan koko päätieverkko ja noin kolmas-
osa alemmasta tieverkosta, eli noin 30 000 km teitä. Mittausjärjestelmä pe-
rustuu lasertekniikkaan ja halutut tunnusluvut tuotetaan reaaliaikaisesti. PTM
-autoon on sijoitettu mittauspalkki, mistä saadaan 128 yksittäistä mittaustu-
lostta 10 cm matkalta. Mittaustuloksista lasketaan keskiarvot, jotka toimii läh-
tökohtana kaikkien pituus- ja poikkiprofiilien parametrien laskemiseen. Muut
pituus- ja poikkiprofiiliin käytettävät mittavälineet ovat hitaita ja ne soveltuvat
vai yksittäisiin kohteisiin, mutta palvelutasomittausautosta tekee erinomaisen
mahdollisuus liikkua liikennevirran seassa tuottaen jatkuvaa mittaustietoa.

Pudotuspainolaitteella mitattaessa tierakennetta kuormitetaan painon avulla. Koska kantavuus mitataan 100 m välein ja kantavuudessa voi olla suuriakin eroavaisuuksia mittauspisteestä riippuen, olisi tarpeellista saada kehitettyä tapa jatkuvaan taipumamittaukseen, milloin mittaus voitaisiin suorittaa PTM-auton tapaan liikennevirrassa tuottaen jatkuvaa taipumaprofiilia.

Kuntotietoja kerättyä nauhoitetaan mittauskohteesta digitaalivideo, jonka ääniraitaan mittaja tallentaa kuvaukset ja kommentit tieympäristöstä ja tien kunnosta. Videointi helpottaa mittauksen laatukontrollia, auttaa suunnittelijoita ja urakoitsijoita samaan paremman käsityksen kohteesta ja kohteiden tarkastelu helpottuu myös projektin myöhemmissä vaiheissa.

Konkreettisimmin tekniikan kehittyminen on näkynyt viime vuosina vauriomittauksien kehityttyä automaattisen vauriomittauksen suuntaan. Seuraava suuri askel voi olla lasertekniikan kehittyminen heilurilaserin käyttöön, mihin tämänhetkinen laskentateho ei vielä aivan riitä. Maatutkaluotaus on löytänyt jalansijansa markkinoilta, eikä tällä saralla ole näkyvissä uutta tekniikkaa, vaan tällä hetkellä suurimmat ponnistelut käydään mieltiessä maatutka-

luotaustekniikan uusia käyttömahdollisuuksia. On mielenkiintoista seurata, tulevatko uudet kuntomuuttajat, kuten karkeus-tieto, haitallisten poikkihalkeamien tallentaminen sekä vauriotyyppien määrittäminen myöhemmin osaksi kuntotietojen keräysprosessia.

Katuverkoston kuntotietoon ja sen keräämiseen liittyvät oleellisesti myös tiedon hallinta ja varastointi. Useimmissa Suomen suurimmista kunnissa on jo siirrytty käyttämään katurekistereitä, joilla olemassa olevan tiedon hallinta ja varastointi on helpompaa. Katurekisterit ovat kehittyneet ja kunnat ovat olleet halukkaampia panostamaan sekä investoimaan enemmän katu- ja kuntotietojen hallintaan. Mielestäni panostaminen katurekisterien kehittämiseen on tärkeää.

Yleisesti kuntomuuttajien laskentamallit perustuvat kansainvälisiin standardeihin. Siksi myös muualla maailmassa tehtyjä tutkimuksia päällysteen kunnon vaikutuksista tienkäyttäjille voidaan käyttää hyväksi. Näiden tien pinnan ominaisuuksia kuvaavien muuttajien huomattavimpia etuja ovat niiden objektiivisuus sekä mahdollisuus verrata eri aikoina tehtyjä mittauksia keskenään.

Vaikka Suomen oloissa kärsitään lyhyestä mittauskaudesta sekä pitkistä välimatkoista, on kuntotiedon keräämisestä ja hallinnasta tullut merkittävä osa arvioitaessa kohteissa olevia korjaustarpeita. Tällä hetkellä olemassa olevien muuttajien ominaisuudet tunnetaan, ja tulevaisuudessa mittaustiedon jalostaminen kuvaamaan uusia vaikutuksia on hyvin mahdollista. On tärkeää, että päättäjät ovat tietoisia kuntotiedon hyödyistä ja osaavat käyttää tietoa toimintasuunnittelun apuna.

LÄHTEET

- Al-Engineering 2012. LOADMAN FWD - Heavy Loadman. Osoitteessa <http://www.al-engineering.fi/fi/loadmanfwd.html>. 11.12.2011.
- Belt, J. - Kolisoja, P. - Alatyppö, V. - Valtonen, J. 2006. Tierakenteen rappeutuminen ja kunnan ennustaminen. Oulun yliopiston rakentamisteknologian tutkimusryhmän julkaisuja.
- Belt Jouko - Lämsä Veli Pekka - Savolainen Mika - Ehrola Esko. Tierakenteen vaurioituminen ja tiestön kunto. Tiehallinto 2002. Helsinki.
- Carement Oy. 2009. Katujen kuntomittaukset.
- Digiroad 2010. Digiroad kansallinen tie- ja katutietojärjestelmä. Verkkodokumentti. Osoitteessa www.digiroad.fi. 22.3.2012.
- Kenttälä, M. 2010. Opinnäytetyö. Katuverkon kuntotieto. Rovaniemen ammattikorkeakoulu: Rakennustekniikan koulutusohjelma.
- Kivisto Consulting Oy. 2004. Kuntatekniikan tietovirrat KuTeVi. Loppuraportti.
- Kuosmanen, A. 2011. Diplomityö. Toimenpiderajojen tarkastelu vilkasliikenteisten teiden uudelleenpäällystyksessä. Aalto-yliopisto: Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Espoo.
- Kärkkäinen, M. 2009. Opinnäytetyö. Kuntien katurekisterien tietosisältö ja niiden käytettävyys kuntotietojen tallennuksessa. Savonia ammattikorkeakoulu: Rakennustekniikan koulutusohjelma, Yhdyskuntatuotantotekniikka.
- Liikennevirasto 2010. Laaduntarkkailu. Osoitteessa <http://nelostie2010.pp.fi/VT4/laaduntarkkailu/slides/KUAB-pudotuspainolaite%20160708.html>. 10.10.2011.
- PANK ry / Laboratoriotuotantoyhtiö. 2005. Asfalttipäällysteen Tyhjättilä, Päällystetutkamenetelmä.
- Penttinen, S. 2008. Opinnäytetyö. Kaatopaikkarakentamisen yleisimmät laadunvalvontamittaukset. Tampereen ammattikorkeakoulu: Rakennustekniikan koulutusohjelma.
- Roadscanners 2012. Mittauslaitteet. Osoitteessa <http://www.roadscanners.com/mittauslaitteet/index.html> 21.02.2012.

- Ruotoistenmäki, A. 2005. Kuntotiedon käyttö tie- ja katuverkon ylläpidon päätöksenteossa. Tiehallinto.
- Saarelainen, S - Törnqvist, J. 2004. Painorajoituksen ajoituksen ja suuruuden määrittämien. Alempiasteisten teiden taloudellinen ylläpito. Tiehallinnon selvityksiä 8/2004. Tiehallinto.
- Saarenketo, T. 2006. Electrical properties of road materials and subgrade soils and the use of ground penetrating radar in traffic infrastructure surveys. Faculty Of Science, Department of geosciences, University of Oulu.
- Saarenketo, T. 2009 a. Kuivatusanalyysit päällystetyillä ja sorateilla. Menetelmäkuvaus. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 40/2009. Tiehallinto.
- Saarenketo, T. 2009 b. Lämpökameran käyttö kuivatustkimuksissa. Kittilän testitutkimukset 2007. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 15/2009. Tiehallinto.
- Tiehallinto 2004. Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja tulosten esitystapa – menetelmäkuvaus.
- Tiehallinto 2005. Verkkotason taipumamittausten tarveselvitys. Helsinki.
- Tiehallinto 2007. Käsikirja päällysteiden pinnan kunnon mittaamiseen.